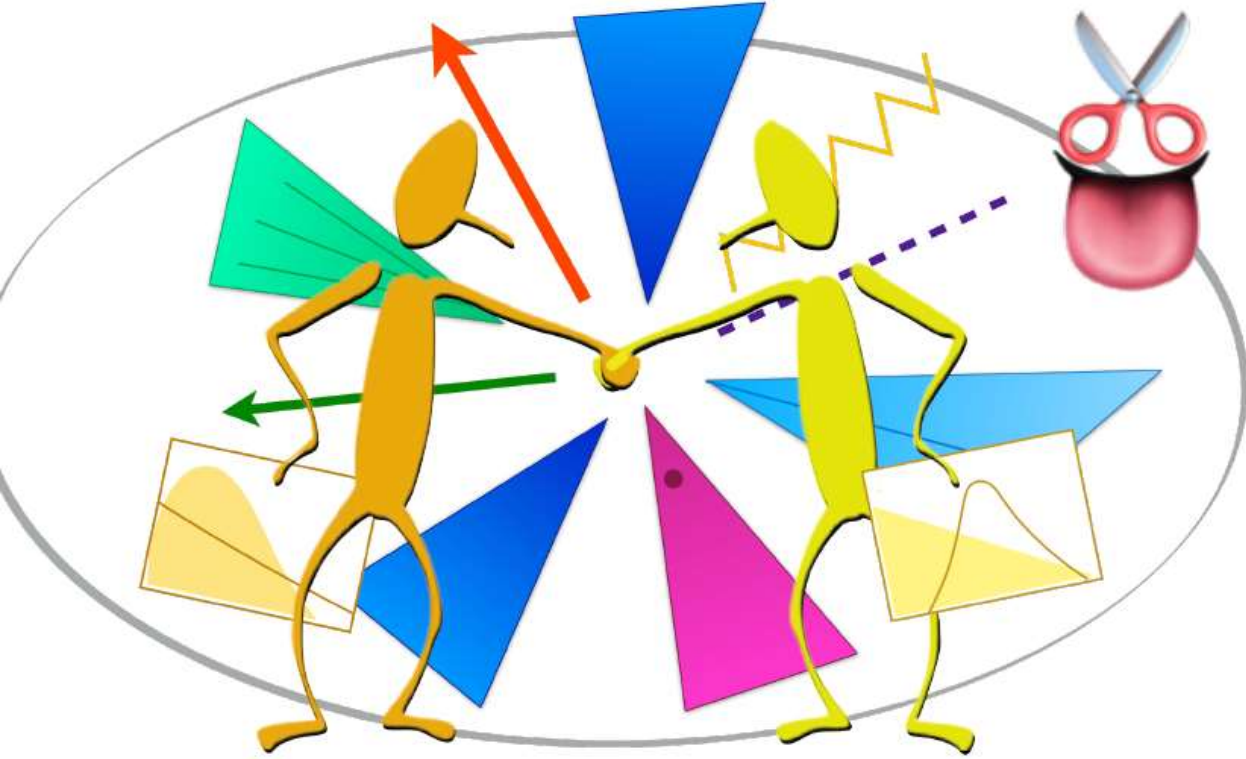


# ADL/CutLang: BHÇ Analizlerine Yenilikçi Bir Yaklaşım



Aytül Adıgüzel (İstanbul Üniversitesi)  
Feyza Başpehlivan (TOBB ETÜ)  
Demircan Demirbağ (Boğaziçi Üniversitesi)  
Berare Göktürk (Boğaziçi Üniversitesi)  
Hazal Candan Kacar (Boğaziçi Üniversitesi)  
Erkcan Özcan (Boğaziçi Üniversitesi)  
Ahmetcan Sansar (İstanbul Üniversitesi)  
Sezen Sekmen (Kyungpook Nat. U.)  
Kağan Şahan (İstanbul Üniversitesi)  
Burak Şen (ODTÜ)  
Gökhan Ünel (UC Irvine)  
Ekin Sıla Yörük (Boğaziçi Üniversitesi)

Parçacık Fiziği Veri Analizi Kış Okulu 2025



## Analiz Algoritmaları Neden Önemlidir?

Parçacık fiziği deneylerinde algoritmalarının **anlaşılabilir** ve **ulaşılabilir** olması çok önemlidir. Bu sayede:

- Analiz grupları içerisinde detaylar kolaylıkla **tartışılabilir** ve **hatalar** hızlı bir şekilde **bulunabilir**.
- Fizik içeriği diğer fizikçilerle rahatlıkla **paylaşılabilir**.
- Pek çok analizi öğrenmek kolaylaşır, böylece analizler arasındaki **benzerlik** ve **farklılıklar** anlaşılabilir.
- **Yorumlama**, **yeniden yorumlama** ve **doğrulama** çalışmaları için analiz algoritmalarının ulaşılabilir olması çok önemlidir.
- Pek çok analizin aynı anda gerçekleştirilmesi, analizlerin seneler sonra farklı verilerle **tekrarlanabilmesi** sağlanır.





# BHÇ Fiziği için Analiz Betimleme Dili

**Analiz Betimleme Dili (ADL)** bir YEF analizinin fizik içeriğini standart ve açık bir şekilde ifade eden alana özgü, bildirimsel bir dildir (DSL).

- **Harici DSL:** Analize özgü kavramları ifade etmek için özel olarak tasarlanmış sözdizimi. Parçacık fizikçilerinin kavramsal akıl yürütmesini yansıtır. Programlamaya değil fiziğe odaklanır.
- **Bildirimsel:** Yapılması gerekeni açıklar, ancak nasıl yapılacağını tanımlamaz.
- **Kolay okunabilir:** Açık, kendi kendini tanımlayan sözdizimi kuralları.
- **Herkes için tasarlandı:** deneyciler, fenomenoloji çalışanlar, öğrenciler, ilgilenen diğer herkese açık...

ADL çerçevelerden bağımsızdır --> ADL'yi tanıyan herhangi bir çerçevede analiz koşturulabilir.

- **Çok amaçlı kullanım:** Belirli bir amaç için en uygun GPL / çerçeve otomatik olarak çevrilebilir veya dahil edilebilir. Örneğin deney, analiz, (yeniden)yorumlama, analiz sorguları...
- Gruplar arası **kolay iletişim:** Deneysel, fenomenoloji, hakemler, öğrenciler.
- Analizin fizik içeriğinin **korunumunu sağlar.**



# ADL Yapısı

ADL şunlardan oluşur:

- Açık sözdizimi kurallarına sahip okunması kolay bir DSL kullanarak analiz algoritmasını açıklayan bir **düz metin ADL dosyası**.
- ADL sözdizimi ile ifade edilmesi basit olmayan değişkenleri (ör. MT2, ML algoritmaları) içine alan **bağımsız işlevlerden oluşan bir kütüphane**. Dahili veya harici (kullanıcı) fonksiyonları.

- Bir **ADL dosyası** nesne, değişken ve olay seçimi tanımlarını ayıran bloklardan oluşur. Bloklar **anahtar kelime-talimat** yapısına sahiptir.
  - **anahtar kelimeler**, analiz kavramlarını ve işlemlerini belirtir.

```
blocktype blockname  
keyword1 instruction1  
keyword1 instruction2  
keyword3 instruction3 # comment
```

- **Sözdizimi**, matematiksel ve mantıksal işlemleri, karşılaştırma ve optimizasyon operatörlerini, indirgeyicileri, 4 vektör cebirini ve YEF'e özgü fonksiyonları( $d\phi$ ,  $dR$ , ...) içerir.



## ADL Sözdizimi: ana bloklar, işlemciler

Blokun amacı	Anahtar kelime
Nesne tanımlama blokları	<b>object</b>
Olay seçme blokları	<b>region</b>
Analiz veya ADL bilgisi	<b>info</b>
Tablo	<b>table</b>

İşlem	İşlemci
Karşılaştırma işlemcileri	<b>&gt; &lt; =&gt; =&lt; == !=</b> <b>[] (dahil) ] [ (hariç)</b>
Matematiksel işlemciler	<b>+ - * / ^</b>
Mantıksal işlemciler	<b>and or not</b>
Koşul işlemcisi	<b>koşul ? doğru : yanlış</b>
Optimizasyon işlemcileri	<b>~= (en yakın)</b> <b>~! (en uzak)</b>
Lorentz vektörleri toplama	<b>LV1 + LV2</b> <b>LV1 LV2</b>

ADL sözdizimi kuralları ve kullanım örnekleri:

<https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/LHCPhysics/ADL>



## ADL Sözdizimi: anahtar kelimeler

Anahtar kelime amacı	Anahtar kelime
değişkenleri ve sabitleri tanımlama	define
nesne veya olay seçimi	select
nesne veya olay reddetme	reject
ana nesneyi tanımlama	take
ağırlıkları uygulama	weight
değişkenleri yazdırma	print
nesneleri sıralama	sort
histogramları tanımlama	histo
değişkenleri kaydetme	save

ADL sözdizimi kuralları ve kullanım örnekleri:

<https://twiki.cern.ch/twiki/bin/view/LHCPhysics/ADL>



## ADL Sözdizimi: fonksiyonlar

**Standart/dahili fonksiyonlar:** Yeterince genel matematik ve YEF işlemleri dilin ve onu yorumlayan herhangi bir aracın parçası olabilir.

- Matematik fonksiyonları: `abs()`, `sqrt()`, `sin()`, `cos()`, `tan()`, `log()`, ...
- Collection reducers: `size()`, `sum()`, `min()`, `max()`, `any()`, `all()`, ...
- YEF spesifik fonksiyonlar: `dR()`, `dphi()`, `deta()`, `m()`, ...
- Nesne ve koleksiyon işleme: `union()`, `comb()`, ...

**Harici/kullanıcı fonksiyonları:** Mevcut işlemcileri kullanarak ifade edilemeyen değişkenler ve standart fonksiyonlar, bir ADL dosyasından çağrılabilen bağımsız fonksiyonlarla ifade edilebilir ve bir veri tabanı aracılığıyla derleyiciler tarafından erişilebilir.

- Basit olmayan algoritmalara sahip değişkenler: MT2, aplanarity, razor değişkenleri, ...
- Analitik olmayan değişkenler: nesne ve tetikleme verimlilikleri, değişken/ML ile hesaplanan değişkenler ve verimlilikler, ...



## ADL ile basit bir analiz örneği

### # OBJECTS

```
object goodMuons
```

```
take muon
```

```
select pT(muon) > 20
```

```
select abs(eta(muon)) < 2.4
```

```
object goodEles
```

```
take ele
```

```
select pT(ele) > 20
```

```
select abs(eta(ele)) < 2.5
```

```
object goodLeps
```

```
take union(goodEles, goodMuons)
```

```
object goodJets
```

```
take jet
```

```
select pT(jet) > 30
```

```
select abs(eta(jet)) < 2.4
```

```
reject dR(jet, goodLeps) < 0.4
```

### # EVENT VARIABLES

```
define HT = sum(pT(goodJets))
```

```
define MTI = Sqrt( 2*pT(goodLeps[0]) * MET*(1-cos(phi(METLV[0]) - phi(goodLeps[0])) ))
```

### # EVENT SELECTION

```
region baseline
```

```
select size(goodJets) >= 2
```

```
select HT > 200
```

```
select MET / HT <= 1
```

```
region signalregion
```

```
baseline
```

```
select Size(goodLeps) == 0
```

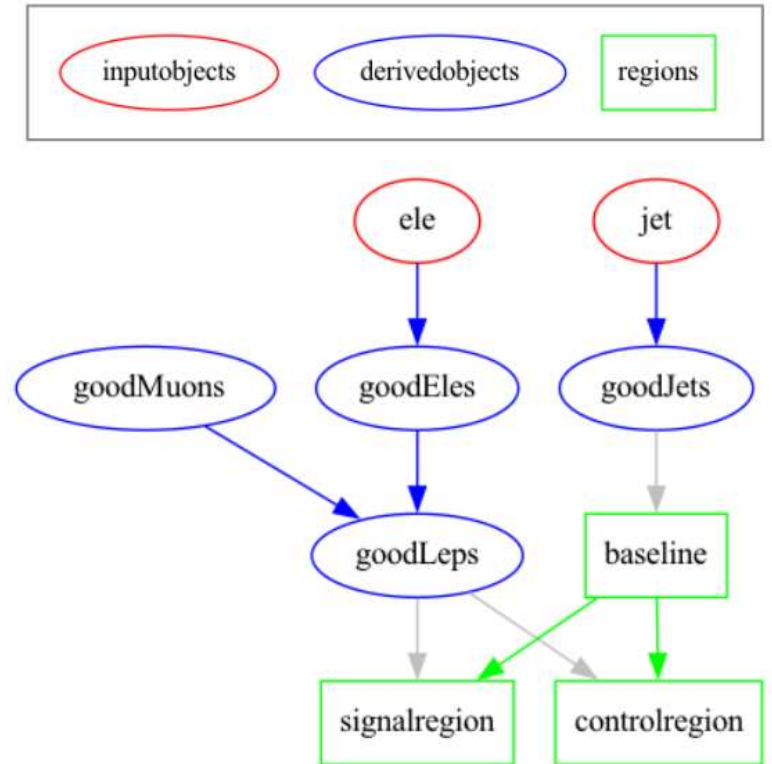
```
select dphi(METLV[0], jets[0]) > 0.5
```

```
region controlregion
```

```
baseline
```

```
select size(goodLeps) == 1
```

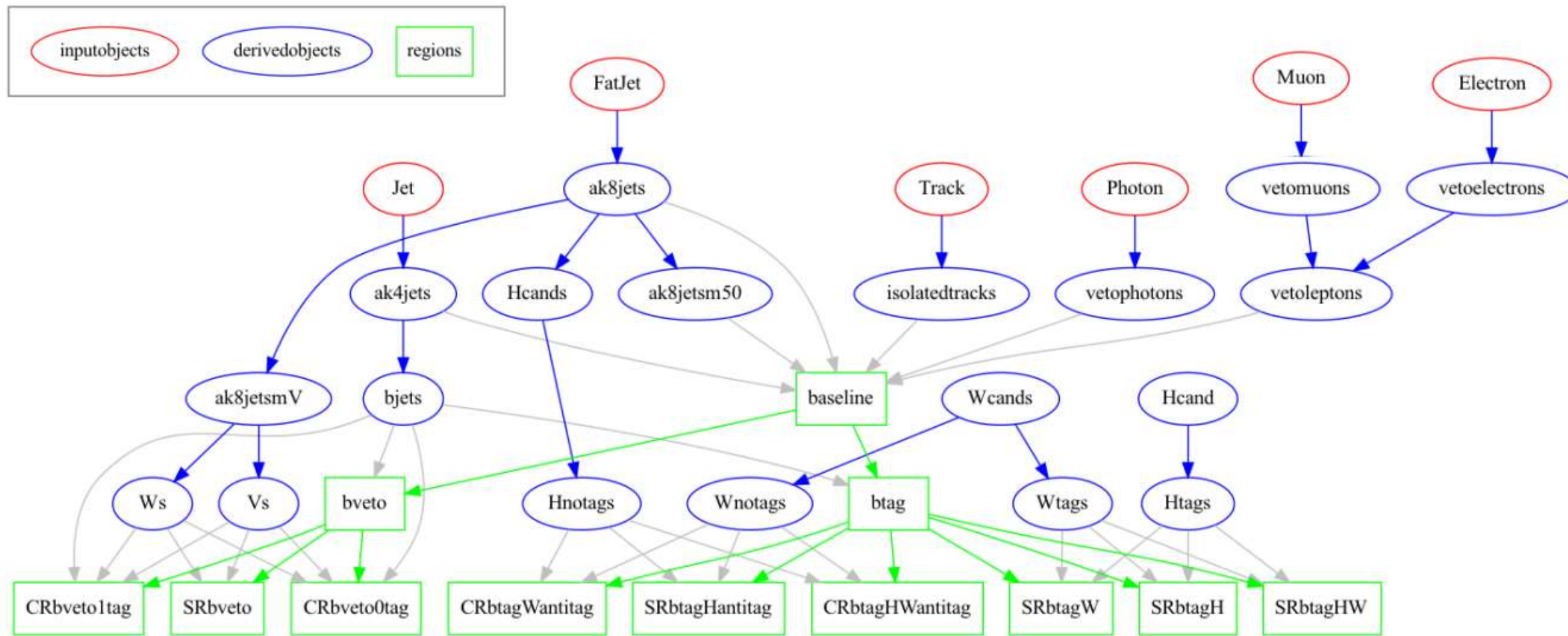
```
select MTI < 120
```



susysimple.adl



# ADL daha karmaşık analizlerde büyük önem taşır



CMS-SUS-21-002.adl



## Histogram ve Çizim Araçları

ADL/CutLang geniş histogramlama kabiliyetlerine sahiptir:

- 1D ve 2D sabit bin ve değişken binli histogramlar tek satırda tanımlanır.
- Farklı regionlar ve kesim seviyelerinde tekrar tekrar kullanılacak **histogram listeleri** tanımlanabilir.
- **Cutflow histogramları** ve **analiz bin histogramları** otomatik olarak çiziliyor.

Histogram Listesi

```
# HISTOGRAM LISTS
histoList jetHistos
histo hnjets , "number of jets", 20, 0, 20, size(goodJets)
histo hjet1pt , "jet1 pT (GeV)", 40, 0, 1000, pT(goodJets[0])
histo hjet2pt , "jet2 pT (GeV)", 40, 0, 1000, pT(goodJets[1])
histo hjet3pt , "jet3 pT (GeV)", 40, 0, 1000, pT(goodJets[2])
histo hjet1eta , "jet1 eta", 40, -3, 3, eta(goodJets[0])
histo hjet2eta , "jet2 eta", 40, -3, 3, eta(goodJets[1])
histo hjet3eta , "jet3 eta", 40, -3, 3, eta(goodJets[2])
```

```
# EVENT SELECTION
region baseline
select ALL
select size(goodJets) >= 3
select size(goodbJets) >= 1
select pT(goodJets[0]) > 200
# Fixed bin 1D:
histo hmet, "MET (GeV)", 40, 0, 1000, MET
# Fixed bin 2D:
histo hj1ptMET, "MET vs. jet1 pT (GeV)", 40, 0, 1000, 40, 0, 1000, pT(goodJets[0]), MET
# Variable bin 1D (no , between bin edges!):
histo hmetvarbin, "MET (GeV) variable bin", 0.0 10.0 20.0 50.0 100.0 500.0, MET
# Use histolists after different levels of selection:
select MET > 100
jetHistos
select MET > 200
jetHistos
```



## CutLang yorumlayıcısı ve çerçeve



CutLang çalışma zamanı yorumlayıcısı:

- Analiz içeriği derlenmez. ADL dosyasını olaylar üzerinden doğrudan çalıştırır.
- CutLang'in kendisi C++ ile yazılmıştır, herhangi bir modern Unix ortamında çalışır.
- Lorentz Vektör işlemleri ve histogramları için ROOT sınıflarını temel alır.
- ADL sözdizimi işleme: Lex & Yacc gereçleri ile.

CutLang çerçevesi: yorumlayıcı + araçlar  
Olay ve harici fonksiyon girdileri:

- Olay girdileri: ROOT dosyaları aracılığıyla.
  - Birden çok girdi tipi: Delphes, CMS NanoAOD, ATLAS/CMS Open Data, LVL0, FCC. Daha fazlası kolaylıkla eklenebilir.
  - Tüm olay tipleri çalışma zamanı yorumlayıcısı tarafından tanınacak önceden tanımlanmış parçacık nesne tiplerine dönüştürülür --> aynı ADL dosyası farklı girdi tipleri ile çalıştırılabilir.
- Sonuç çıktıları: ROOT dosyaları aracılığıyla.
  - Her seçim bölgesi için cutflow, binler ve kullanıcı tarafından tanımlanmış histogramların bulunduğu bir TDirectory.

CutLang Github: <https://github.com/unelg/CutLang>

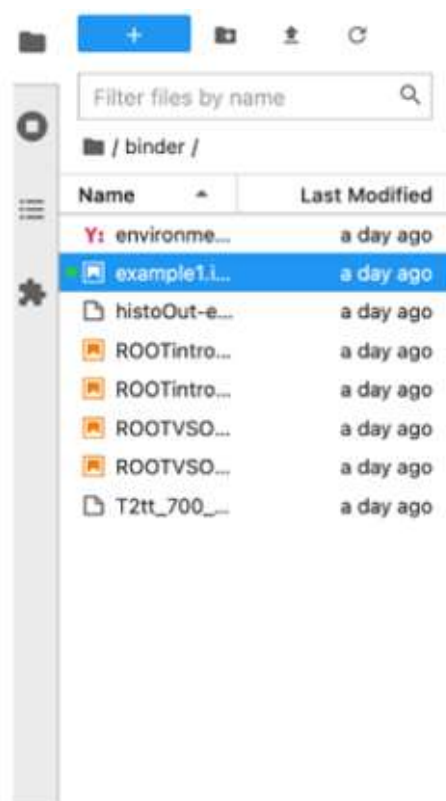
CutLang Yayınları: [arXiv:1801.05727](https://arxiv.org/abs/1801.05727),  
[arXiv:1909.10621](https://arxiv.org/abs/1909.10621) [arXiv:2101.09031](https://arxiv.org/abs/2101.09031)



## CutLang Birçok Ortamda Çalışıyor

	Linux	MacOS	Windows
Native	✓	✓	
Docker	✓	✓	✓
Conda cmd line	✓	✓	
Conda -> Jupyter	✓	✓	
Web -> Jupyter	✓	✓	✓

16.02.2025



```

[ ]: !cd ../runs
[ ]: !wget https://www.dropbox.com/s/zza28peyjj8qgg6/T2tt_700_50.root

[ ]: !cutlang file=T2tt_700_50.root filetype=DELPHES name=exHistos
# ADL file for ROOT101 tutorial: opening files and drawing histograms
# Runs with binder/ROOTintroPython.ipynb, binder/ROOTintroCpp.ipynb

# Object selection
object jets
take jet
select pT(jet) > 30
select abs(eta(jet)) < 2.4

# Event selection
region presel
select ALL
select MET > 300
select size(jets) >= 4
histo hjet1pt, "jet 1 pT (GeV)", 40, 0, 1000, pT(jets[0])
histo hjet2pt, "jet 2 pT (GeV)", 40, 0, 1000, pT(jets[1])
histo hjet3pt, "jet 3 pT (GeV)", 40, 0, 1000, pT(jets[2])
histo hjet4pt, "jet 4 pT (GeV)", 40, 0, 1000, pT(jets[3])
histo hmetjet1pt, "MET vs. jet 1 pT", 20, 300, 1300, 20, 0, 1000, MET, pT(jets[0])

```



## CutLang Birçok Ortamda Çalışıyor

- Jupyter/Binder arayüzüyle CutLang'i mobil cihazlarda çalıştırmak da mümkün!



```
08:53 | hub.gke2.mybinder.org | ROOT example1 | Not Trusted | ROOT C++ with CutLang | Memory: 528.8 MB / 2 GB
```

```
In [ ]:
!cd ../runs
!wget https://www.dropbox.com/s/zza28pe

In [ ]:
%cutlang file=T2tt_700_50.root filetype
# ADL file for ROOTI01 tutorial: openin
# Runs with binder/ROOTintroPython.ipyn

# Object selection
object jets
take jet
select pT(jet) > 30
select abs(eta(jet)) < 2.4

# Event selection
region presel
select ALL
select MET > 300
select size(jets) >= 4
histo hjet1pt, "jet 1 pT (GeV)", 40,
histo hjet2pt, "jet 2 pT (GeV)", 40,
histo hjet3pt, "jet 3 pT (GeV)", 40,
```

```
10:52 | hub.gke2.mybinder.org | ROOT example1 | Not Trusted | ROOT C++ with CutLang | Memory: 539.7 MB / 2 GB
```

```
object jets
take jet
select pT(jet) > 30
select abs(eta(jet)) < 2.4

# Event selection
region presel
select ALL
select MET > 300
select size(jets) >= 4
histo hjet1pt, "jet 1 pT (GeV)", 40,
histo hjet2pt, "jet 2 pT (GeV)", 40,
histo hjet3pt, "jet 3 pT (GeV)", 40,
histo hjet4pt, "jet 4 pT (GeV)", 40,
histo hmetjet1pt, "MET vs. jet 1 pT",

Forced number of entries 2
0000
starting entry 0
Processing event 0
Processing event 5000
Processing event 10000
Processing event 15000
Efficiencies for analysis
: BP_1
presel Based on 20000 eve
```

```
10:54 | hub.gke2.mybinder.org | ROOT example1 | Trusted | ROOT C++ with CutLang | Memory: 539.8 MB / 2 GB
```

```
# Event selection
region presel
select ALL
select MET > 300
select size(jets) >= 4
histo hjet1pt, "jet 1 pT (GeV)", 40,
histo hjet2pt, "jet 2 pT (GeV)", 40,
histo hjet3pt, "jet 3 pT (GeV)", 40,
histo hjet4pt, "jet 4 pT (GeV)", 40,
histo hmetjet1pt, "MET vs. jet 1 pT",

ALL : 1 +- 0
evt: 20000

MET > 300 : 0.5647 +- 0.
00351 evt: 11295

size(jets) >= 4 : 0.811 +-
- 0.00368 evt: 9160

[Histo] jet 1 pT (GeV) :
1 +- 0 evt: 91
60

[Histo] jet 2 pT (GeV) :
1 +- 0 evt: 91
60
```





# ADL/CutLang ve Makine Öğrenimi

ADL/CutLang, ML modellerini çalıştırmak üzere adapte edildi.

- Şu an için .onnx modelleriyle çalışıyor. ( <https://onnx.ai/> )

Onnx modellerini çalıştırmayı sağlayan ADL/CutLang sözdizimi:

**# define the list of inputs**

```
define listofinputs = {var1 var2 var3 ..... varN}
```

**# define the ML output**

```
define myMLvar = OME(my/directory/myfunc.onnx, listofinputs)
```

Onnx fonksiyonlarının uygulandığı [ATLAS-SUSY-2018-30](#) (multi b + MET) örneği:

**# define the list of inputs**

```
define NNSRGtt21001Var = {
```

```
  pT(jets[0])      eta(jets[0])    phi(jets[0])    m(jets[0]) bTag(jets[0])
```

```
  pT(jets[1])      eta(jets[1])    phi(jets[1])    m(jets[1]) bTag(jets[1]) .....(rest of the vars).....}
```

```
define NNmeans = {
```

```
  348.82672119140625  0.001224843435920775  0.011215382255613804  35.01051712036133  0.4123765528202057  .....(rest of the vars)..... }
```

```
define NNSigmas = {
```

```
  260.26678466796875  1.043735384941101  1.8061413764953613  31.465930938720703  .....(rest of the vars)..... }
```

**# define the ML output**

```
define NN1Cut = OME("ANA-SUSY-2018-30_model.onnx" , NNSRGtt21001Var, NNmeans, NNSigmas, 0 )
```

**# Use in the selection**

```
region SRGtt21001
```

```
(... other selection criteria)
```

```
select NN1Cut >= 0.9997
```



## ADL/CutLang ile Yeniden Yorumlama (Reinterpretation)

ADL, fenomenoloji topluluklarıyla bilgi alışverişini oldukça pratik hale getirir.

- Tüm analiz mantığını açık bir şekilde tarif eder.
- Deneylerden, doğrudan genel girdi tiplerine uyarlamayı mümkün kılar.
  - Deneydeki nesne tanımları, nümerik nesne ID'leri ile etiketleme(tagging) verimlerine dayalı basitleştirilmiş nesne tanımları ile değiştirilir.
  - Olay seçimleri neredeyse tamamen aynı kalır: Trigger seçimleri yerine trigger verimleri kullanılabilir.
- ADL dosyalarındaki analiz çıktılarını ifade etmek için genel sözdizimi mevcut:
- CutLang, var olan sonuçları analiz çıktılarıyla aynı formatta olan histogramlar şeklinde kaydeder.
  - Bu sayede cutflowlar kıyaslanabilir ve limit hesabı yapılabilir.
- ADL, HEPDATA veya benzeri platformlara analiz sonuçlarına ilişkin bilgilerin sağlanmasını kolaylaştırabilir.



## ADL4SUSY: Yeniden Yorumlama

Deneyisel analizler, var olan tanımlarda basitleştirme yapılarak yeniden kullanılabilir.

### b-tagging for UL NanoAODv9

# AK4 jets

**object** JetAK4

**take** Jet

**select** jetID(Jet) > 0

**select** pt(Jet) > 30

**select** abs(eta(Jet)) < 2.4

# b-tagged jets - medium

**object** MediumBTag

**take** JetAK4

**select** btagDeepB(JetAK4) >= 0.2598



### b-tagging for public use, e.g. with Delphes

# AK4 jets

**object** JetAK4

**take** Jet

# **select** jetID > 0

**select** pt(Jet) > 30

**select** abs(eta(Jet)) < 2.4

# b-tagged jets - medium

**object** MediumBTag

**take** JetAK4

**select** applyhitandmiss( btagdeepBmediumeff( pt, abs(eta) ) ) == 1



Verimleri, nesne özelliklerini ve hit&miss metodu uygulayan genel bir fonksiyon



CMS tarafından sağlanan verimler. ADL tablo halindeki verimleri kullanabilir.



# Nesne Verimleri

- Nesnelerin nitelikleri ve bunların belirsizliğine karşılık gelen verimlilik değerleri, tablo aracılığıyla ADL dosyasına kaydedilebilir.
- CutLang bu verimlilikleri analiz nesnelere 'hit-and-miss' yöntemi ile uygular.

```
object bjets
  take jets
  select abs(flavor(jets)) == 5
  select applyHM( btagdeepCSVmedium( Pt(jets) ) == 1)
```

```
table btagdeepCSVmedium
tabletype efficiency
nvars 1
errors true
# val      err-      err+      pTmin      pTmax
0.5790     0.0016     0.0016     -10.4      30.0
0.6314     0.0013     0.0013     30.0       35.0
0.6442     0.0011     0.0011     35.0       40.0
0.6596     0.0007     0.0007     40.0       50.0
0.6727     0.0007     0.0007     50.0       60.0
0.6812     0.0008     0.0008     60.0       70.0
0.6855     0.0008     0.0008     70.0       80.0
0.6873     0.0009     0.0009     80.0       90.0
0.6881     0.0010     0.0010     90.0      100.0
0.6880     0.0008     0.0008    100.0     125.0
0.6867     0.0011     0.0011    125.0     150.0
0.6826     0.0015     0.0015    150.0     175.0
0.6734     0.0020     0.0020    175.0     200.0
0.6624     0.0026     0.0026    200.0     225.0
0.6494     0.0034     0.0034    225.0     250.0
0.6419     0.0044     0.0044    250.0     275.0
0.6301     0.0054     0.0054    275.0     300.0
0.6202     0.0051     0.0051    300.0     350.0
```



## ADL/CutLang ile Doğrulama(Validation) : Efficiency Map Creator

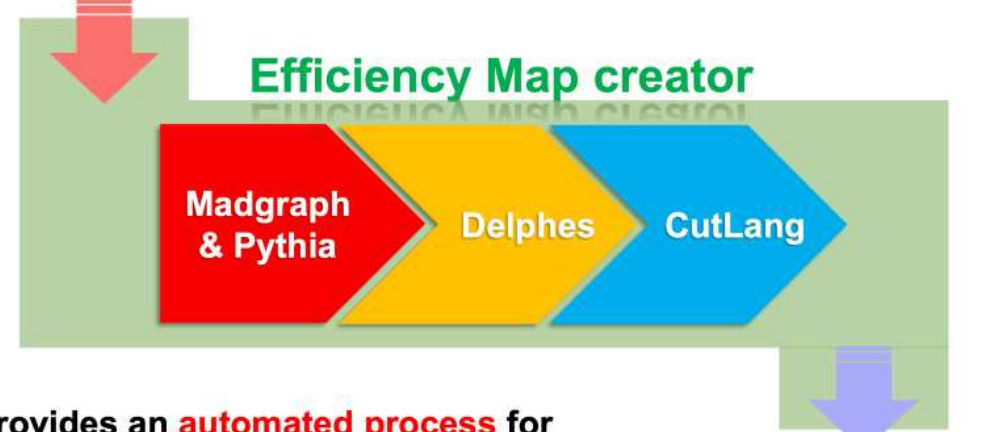
ADL/CutLang ile geniş ölçekli bir analiz uygulaması ve doğrulama çalışması başlattık. Ana odak noktası

- Süpersimetri analizleri ancak Egzotik analizlerine de genişliyoruz.

Doğrulama çalışmaları için **SModelS Efficiency Map Creator**'u kullanıyoruz:

- Deneysel sonuçlarla kıyaslama yaparak analizleri doğrulamak için kullanılabilir.
- **Yapılandırılabilir kullanıcı arayüzü**: Hangi model ve kütle noktalarının üretileceği, hangi adımların çalıştırılacağı, hangi çıktının kaydedileceği belirtilebilir.
- EM-Creator, Wolfgang Waltenberger ve Jan Mrozek tarafından **ADL/CutLang ile birlikte çalışması için uyarlandı**.
  - Son adım: Verim haritaları
  - Limit hesaplama SModelS içerisinde gerçekleşiyor.

Number of events, ADL analysis file,  
mass range, SMS topology, ...



Provides an **automated process** for analysis through **simple command line**

Selected number of events / efficiencies in all regions & bins

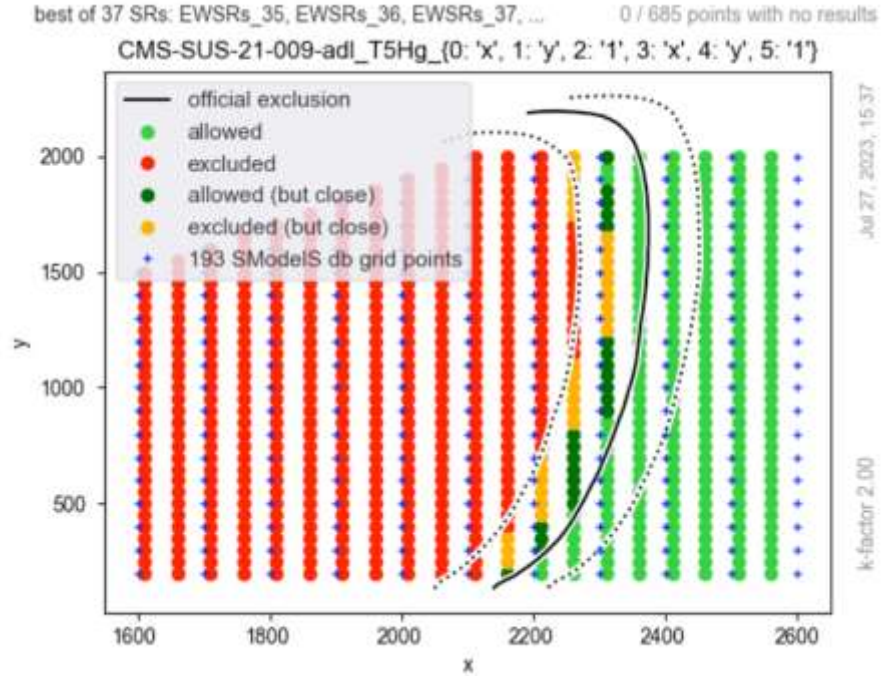
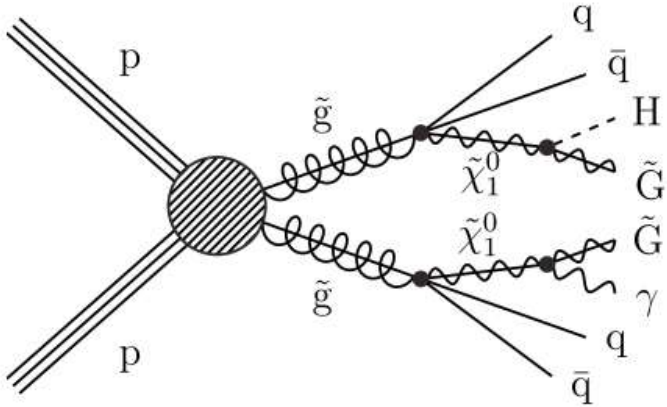


# ADL/CutLang ile Doğrulama(Validation) : Efficiency Map Creator

Son zamanlarda yayınlanan ATLAS ve CMS analizlerini doğrulama üzerine çalışıyoruz.

Güncel doğrulama örneği:

[CMS-SUS-21-009](#): “photons + multijets + MET”.



Devam eden doğrulama çalışmaları: [CMS-SUS-18-004](#), [CMS-SUS-21-006](#), [ATLAS-SUSY-2018-16](#), [ATLAS-SUSY-2019-09](#), [ATLAS-SUSY-2018-30](#), [ATLAS-SUSY-2020-27](#), [ATLAS-SUSY-2019-22](#), [ATLAS-SUSY-2018-22](#), [ATLAS-SUSY-2018-10](#)



## Counts and Cutflows

- Counts fonksiyonuyla **deneye ait cutflow değerleri** ADL dosyasına dahil edilebilir.
- CutLang bu sayıları kullanarak deney sonuçları için bir cutflow histogramı üretir.

```
# preselection region
region presel
select ALL
counts sigone 100.0 +- 0.8 , 100.0 +- 0.5 , 100.0 +- 0.0 , 100.0 +- 0.5
counts sigtwo 100.0 +- 0.0 , 100.0 +- 0.1 , 100.0 +- 0.1 , 100.0 +- 0.1
counts sigthree 100.0 +- 0.2 , 100.0 +- 0.5 , 100.0 +- 0.5
counts sigfour 100.0 +- 0.0 , 100.0 +- 0.1 , 100.0 +- 0.2
select size(jets) >= 2
counts sigone 100.0 +- 0.8 , 100.0 +- 0.5 , 100.0 +- 0.0 , 100.0 +- 0.5
counts sigtwo 100.0 +- 0.0 , 99.3 +- 0.1 , 99.6 +- 0.1 , 100.0 +- 0.1
counts sigthree 99.9 +- 0.2 , 98.8 +- 0.5 , 99.1 +- 0.5
counts sigfour 99.6 +- 0.0 , 95.4 +- 0.1 , 97.8 +- 0.2
select HT > 300
counts sigone 100.0 +- 0.8 , 100.0 +- 0.5 , 100.0 +- 0.0 , 100.0 +- 0.5
counts sigtwo 90.1 +- 0.4 , 74.8 +- 0.5 , 82.0 +- 0.3 , 94.6 +- 0.4
counts sigthree 98.7 +- 0.4 , 98.3 +- 0.5 , 98.9 +- 0.6
counts sigfour 72.2 +- 0.3 , 58.2 +- 0.3 , 83.0 +- 0.4
select MHT > 300
counts sigone 85.5 +- 2.7 , 86.8 +- 1.9 , 77.1 +- 0.5 , 83.0 +- 2.1
counts sigtwo 13.8 +- 0.4 , 19.9 +- 0.5 , 21.2 +- 0.4 , 22.2 +- 0.7
counts sigthree 74.5 +- 1.2 , 79.6 +- 1.4 , 88.1 +- 1.4
counts sigfour 9.2 +- 0.2 , 13.6 +- 0.2 , 31.3 +- 0.5

countsformat sigone
process T1tttt1900200, "T1tttt 1900 200", stat
process T1bbbb1800200, "T1bbbb 1800 200", stat
process T1qqqq1300100, "T1qqqq 1300 100", stat
process T5qqqqV1800100, "T5qqqqV 1800 100", stat

countsformat sigtwo
process T1tttt13001000, "T1tttt 1300 1000", stat
process T1bbbb13001100, "T1bbbb 1300 1100", stat
process T1qqqq12001000, "T1qqqq 1200 1000", stat
process T5qqqqV14001100, "T5qqqqV 1400 1100"

countsformat bgests
process lostlep, "Lost lepton background", stat, syst
process zinv, "Z --> vv background", stat, syst
process qcd, "QCD background", stat, syst

countsformat results
process est, "Total estimated BG", stat, syst
process obs, "Observed data"

region searchbins
presel
# Table 3, 1-10
bin MHT [] 300 350 and HT [] 300 600 and size(jets) [] 2 3 and size(bjets) == 0
counts bgests 38870 +- 320 +- 580 , 89100 +- 200 +- 2600 , 1800 +- 1000 + 1200 - 800
counts results 129800 +- 1100 +- 2800 , 130718
bin MHT [] 300 350 and HT [] 600 1200 and size(jets) [] 2 3 and size(bjets) == 0
counts bgests 2760 +- 61 +- 39 , 4970 +- 50 +- 150 , 330 +- 180 +- 160
counts results 8060 +- 200 +- 220 , 7820
bin MHT [] 300 350 and HT >= 1200 and size(jets) [] 2 3 and size(bjets) == 0
counts bgests 181 +- 17 +- 3 , 308 +- 12 +- 18 , 62 +- 34 +- 27
```



## ADL/CutLang ve LHC Open Data

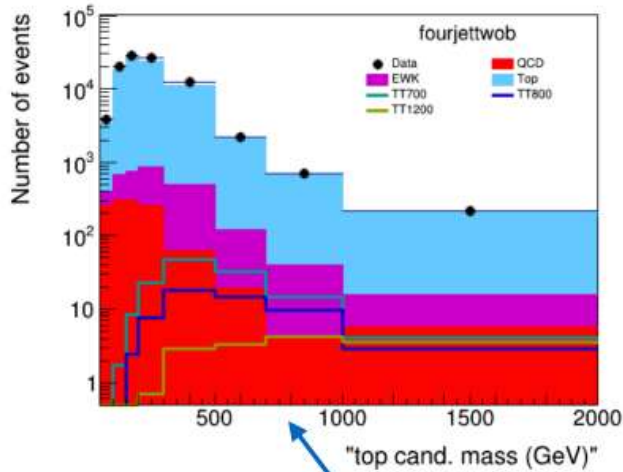
ADL/CutLang, [ATLAS](#) ve [CMS](#) açık verileri ile analizleri çalıştırmak için kullanılıyor.

- Yeniden yorumlama açısından kullanımı: [Yeni modellere olan hassasiyeti en yükseğe çıkartmak](#) için ADL veritabanındaki var olan analizleri optimize ediyoruz.
- Haziran 2023'te gerçekleşen CMS Open Data Workshop için ADL/CutLang kullanılarak [açık verileri kullanarak yeniden yorumlama'ya](#) yönelik ilk eğitim hazırlandı.
  - [Vektör benzeri T kuark sinyali için bir ttbar analizinin yeniden yorumlanması](#) üzerine çalışıldı.
  - Odak noktası, [VLT sinyaline olan duyarlılığı arttırmak](#) için analizin [yeniden optimize](#) edilmesi.  
[Eğitimin linki](#)
  - İlgili açık veri ve MC olayları üzerinde çalışıyor.
  - [CutLang](#), [ROOT](#), [açık veriler](#) ve [VNC](#)'yi barındıran bir docker konteynerinde çalışıyor
- [2022 CMS Open Data Workshop](#)'taki eğitimde [CMS'in Run 1 verisiyle gerçekleştirdiği 'Boosted W ve Higgs bozonlarıyla vektör-benzeri kuark analizi'](#) yeniden uyarlanmıştır.
  - [Eğitimin linki](#)

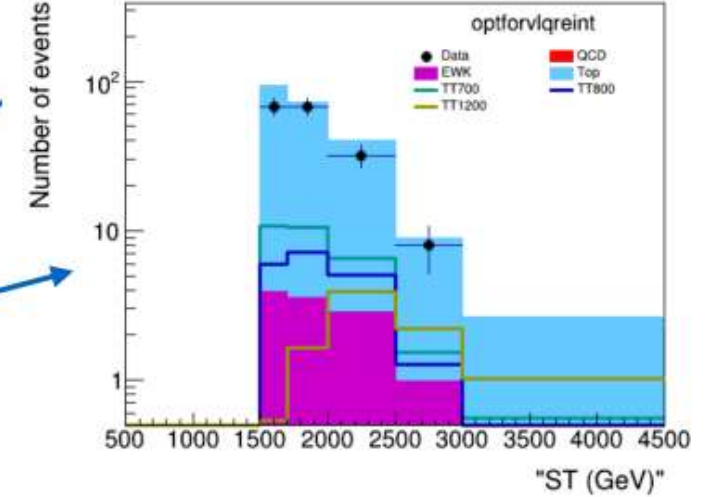
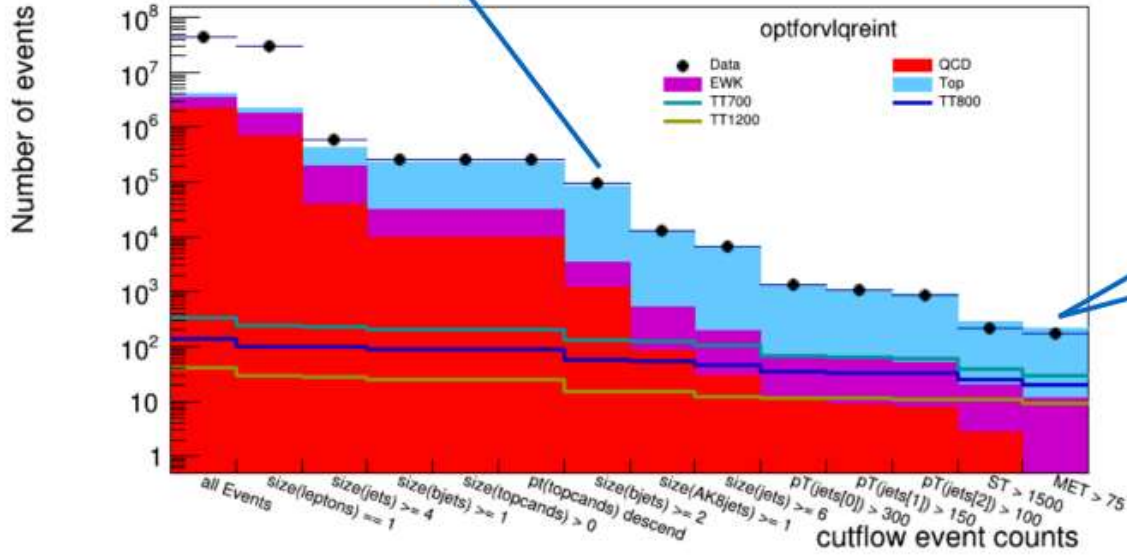
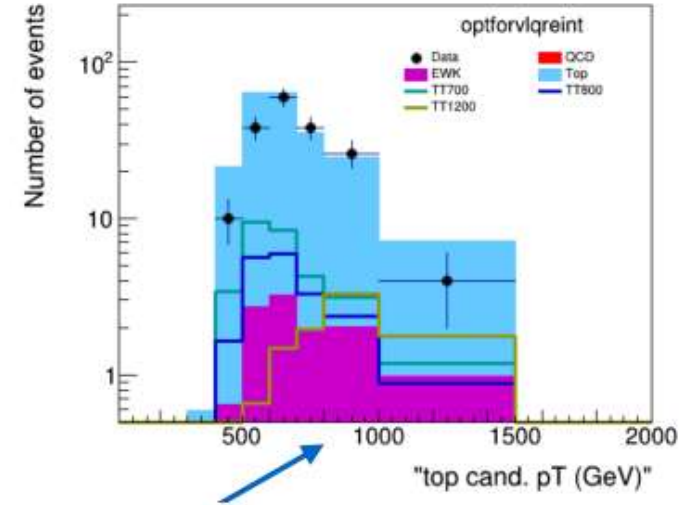
# ADL/CutLang ve LHC Open Data



Data, BG and 2 VLT signals vs. top candidate mass for the  $t\bar{t}$  analysis selection.



Top candidate mass  $p_T$  and ST after reoptimizing the  $t\bar{t}$  selection by adding several new cuts. (B2G-16-024 uses ST)



Cutflow histogramları CutLang tarafından otomatik olarak üretiliyor.



# ADL/CutLang ve ATLAS Open Data

```
# OBJECT SELECTION
```

```
object goodEles
  take ELE
  select lep_isTightID(ELE) == 1
  select lep_pt(ELE) > 35000.0
  select lep_ptcone30(ELE)/lep_pt(ELE) < 0.1
  select lep_etcone20(ELE)/lep_pt(ELE) < 0.1
  select abs(lep_eta(ELE)) < 2.47
  select abs(lep_eta(ELE)) ] [ 1.37 1.52
  select Abs(lep_trackd0pvunbiased(ELE))/lep_tracksigd0pvunbiased(ELE) < 5.0
  select Abs(lep_z0(ELE))*sin(dz(ELE)) < 0.5
# dz is Theta of the vector
```

```
object goodMuos
  take MUO
  select lep_isTightID(MUO) == 1
  select lep_pt(MUO) > 35000.0
  select lep_ptcone30(MUO)/lep_pt(MUO) < 0.1
  select lep_etcone20(MUO)/lep_pt(MUO) < 0.1
  select abs(lep_eta(MUO)) < 2.5
  select Abs(lep_trackd0pvunbiased(MUO))/lep_tracksigd0pvunbiased(MUO) < 3.0
  select Abs(lep_z0(MUO))*sin(dz(MUO)) < 0.5
```

```
object goodLeps : Union(goodEles, goodMuos)
```

```
define leadLep = goodLeps[0]
```

```
define mtw = sqrt(2*Pt(leadLep)*MET*(1 - cos(dPhi(leadLep, METLV[0]))))
```

```
## VARIABLE DEFINITIONS
```

```
define Lumi = 10064.0
```

```
define SFactor = scaleFactor_ELE*scaleFactor_MUON*scaleFactor_LepTRIGGER*scaleFactor_PILEUP
```

```
define totWeight = mcWeight*SFactor*XSection*Lumi/SumWeights
```

```
define totWeightAuto = HSTEP(channelNumber < 310000) * 1 + HSTEP(channelNumber > 310000) * totWeight
```

Değişkenleri ntuple'dan okuyabiliyoruz.



# ADL/CutLang ve ATLAS Open Data, Eğitim Amaçlı Kullanım

```
## HISTOGRAM DEFINITONS
```

```
histoList allHistos
```

```
  histo hleadleptPt, "Lepton Transverse Momentum;p_{T}^{lep} [GeV];Events / bin", 20, 0.0 , 200.0 , Pt(leadLep)
  histo hleadleptEta,"Lepton Pseudorapidity; #eta^{lep}; Events / bin", 30, -3.0, 3.0, Eta(leadLep)
  histo hleadleptPhi, "Lepton Azimuthal Angle ; #phi^{lep}; Events / bin", 32, -3.2, 3.2, Phi(leadLep)
  histo hleadleptE, "Lepton Energy; E^{lep} [GeV]; Events / bin", 30, 0.0, 300.0, E(leadLep)
  histo hjetsN, "Number of Jets;N_{jets};Events", 6, -0.5, 5.5, Size(JET)
  histo hmissEt, "Missing Transverse Momentum;E_{T}^{miss} [GeV];Events / bin" , 30, 0.0, 200.0, MET
```

```
region Wenu
```

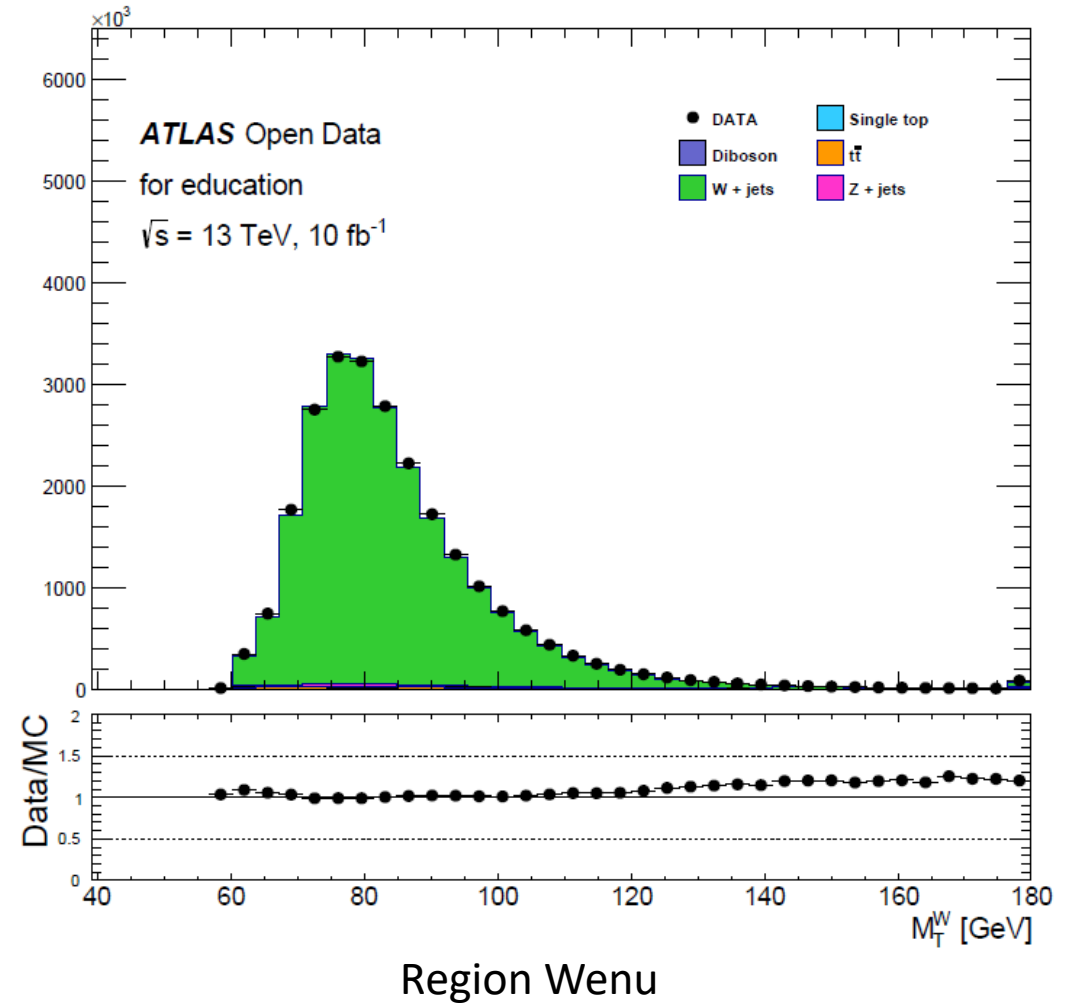
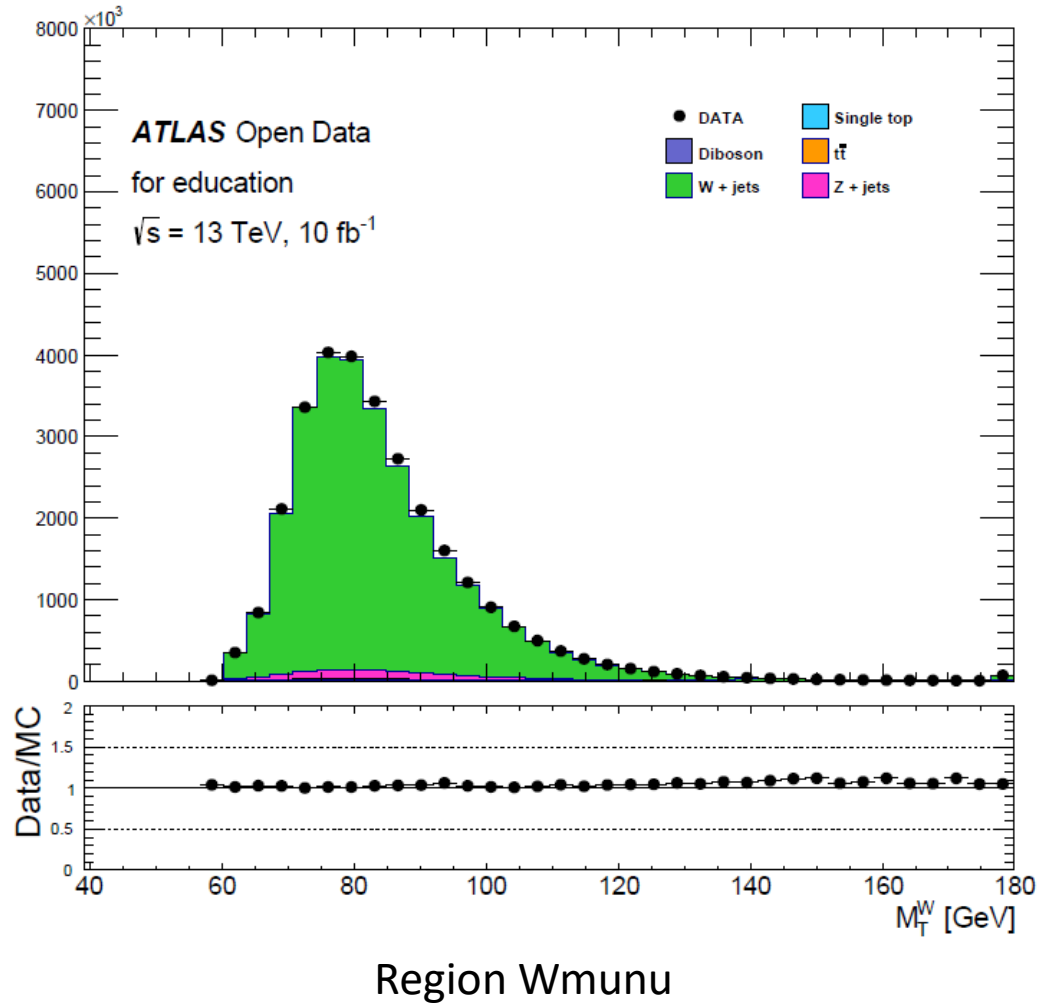
```
  select ALL
  select met_et > 30000.0
  select trigE == 1 || trigM == 1
  select Size(goodEles) >= 0
  select Size(goodMuos) >= 0
  select Size(goodLeps) >= 0
  sort Pt(goodLeps) descend
  select Size(goodLeps) == 1
  select mtw > 60.0
  weight myweight totWeightAuto
  select Abs(pdgID(leadLep)) == 11
  histo henuMt, "Transverse Mass; M^{W #rightarrow e#nu}_{T} [GeV];Events / bin", 40 , 39.0 , 180.0, mtw
  allHistos
```

```
region Wmunu
```

```
  select ALL
  select met_et > 30000.0
  select trigE == 1 || trigM == 1
  select Size(goodEles) >= 0
  select Size(goodMuos) >= 0
  select Size(goodLeps) >= 0
  sort Pt(goodLeps) descend
  select Size(goodLeps) == 1
  select mtw > 60.0
  weight myweight totWeightAuto
  select Abs(pdgID(leadLep)) == 13
  histo hmunuMt, "Transverse Mass; M^{W #rightarrow #mu#nu}_{T} [GeV];Events / bin", 40, 39.0, 180.0, mtw
  allHistos
```



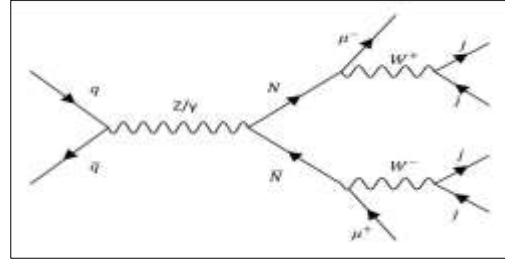
# ADL/CutLang ve ATLAS Open Data, Eğitim Amaçlı Kullanım



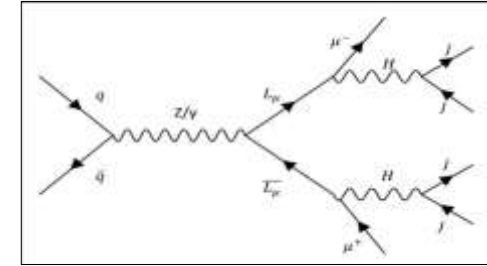
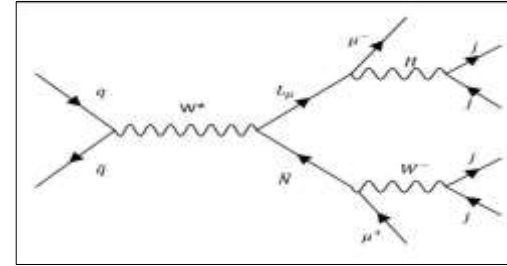
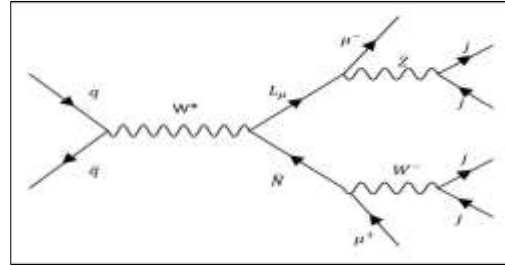
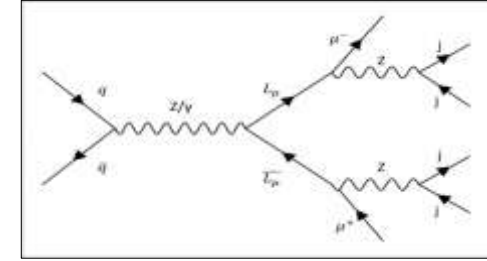
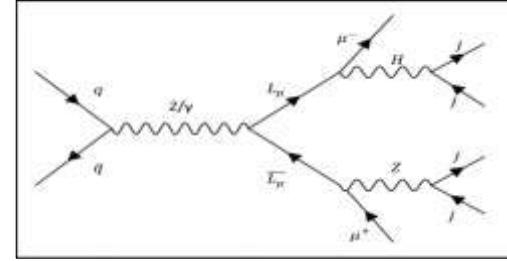


# ADL/CutLang ile Vektör-benzeri ağır lepton analizi

Büyük Hadron Çarpıştırıcısı tarafından 13 TeV kütle merkezi enerjisinde  $139 \text{ fb}^{-1}$  toplam ışınılığa karşılık gelen, ATLAS algıcının 2015-2018 yılları arasında kaydettiği veride ADL/CutLang kullanarak E6 Büyük Birleşme Kuramı'nın öngördüğü vektör benzeri ağır leptonlar (VLL) araştırılmaktadır.



pp



- Son durumda zıt yüklü 2 lepton içeren sinyal bölgesine ait seçimler:

	OS leptons	Pt(leps) > 20 GeV	Tight ID and FC Looselsolation for electrons	Medium ID and FC Looselsolation for muons	Tau veto	Z veto	1Z	nJets >= 2	Mll > 15 GeV
SR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	×	✓	✓



## ADL/CutLang ile Vektör-benzeri ağır lepton analizi

Son durumda zıt yüklü 2 lepton içeren bozunum kanallarında hadronik bozonlar ve ağır leptonlar, sinyal Monte Carlo örneği kullanılarak yeniden yapılandırılmıştır. En iyi adayları bulmak için  $\chi^2$  algoritması kullanıldı.

### #EVENT VARIABLE DEFINITIONS

```
define jetA : goodJet[-1]
define jetB : goodJet[-2]
define jetC : goodJet[-3]
define jetD : goodJet[-4]
define muA : goodMuo[-1]
define muB : goodMuo[-2]
```

Herhangi ikişer jetten oluşan Higgs ve Z bozonlarının tanımlanması

```
define Zhad2 : jetC jetD
define Hhad1 : jetA jetB
```

Ağır leptonların tanımlanması

```
define Lz2 : Zhad2 muB
define Lh1 : Hhad1 muA
```

```
define HZchi : (m(Hhad1) - 125)^2 /10^2 + (m(Zhad2) - 91)^2 /8^2
define totchiHZ : (m(Lh1) - m(Lz2))^2 / (27.4^2 + 27.5^2) + HZchi
```

$\chi^2$  algoritması

```
region HZ2LOS
preselection
select totchiHZ <= 0
histo Hhad1mass, "Hhad Mass (GeV)", 100, 0, 250, m(Hhad1)
histo Zhad2mass, "Zhad Mass (GeV)", 100, 0, 200, m(Zhad2)
histo Lh1mass, "Lh Mass (GeV)", 100, 0, 1200, m(Lh1)
histo Lz2mass, "Lz Mass (GeV)", 100, 0, 1200, m(Lz2)
```

$\chi^2$  minimizasyonu



## ChatGPT Demo

Hi ChatGPT. Below is an LHC physics analysis written in the Analysis Description Language syntax. Can you please use this to write the object selection and event selection sections of a scientific publication? Please keep in mind the following:

- Do not use lists, itemizations! Rather use paragraphs.
  - Do not refer at all to "good" objects. Do NOT use the word "good" at all in the text.
- (..... give the ADL file from previous slide)



## ChatGPT 3.5



### ChatGPT

Object selection in this analysis begins with the identification of muons satisfying a transverse momentum ( $p_T$ ) greater than 20 GeV and an absolute pseudorapidity ( $\eta$ ) less than 2.4. Similarly, electrons are chosen based on a  $p_T$  threshold greater than 20 GeV and  $|\eta|$  less than 2.5. A unified set of leptons is then formed by combining the selected electrons and muons.

Jets are selected with a  $p_T$  threshold of 30 GeV and  $|\eta|$  less than 2.4. To ensure separation from leptons, any jet within a distance  $dR < 0.4$  from a lepton is excluded.

Two key event variables are defined: the scalar sum of jet  $p_T$  (HT) and the transverse mass of the leading lepton and missing transverse energy (MET) (MTI). HT is calculated as the sum of the transverse momenta ( $p_T$ ) for all selected jets. MTI is computed as the square root of  $(2 \cdot p_T(\text{lepton}) \cdot MET \cdot (1 - \cos(\phi(MET) - \phi(\text{lepton}))))$ , where  $\phi$  represents the azimuthal angle.

Event selection is performed across three regions. The baseline region requires a minimum of 2 selected jets, a threshold on HT ( $HT > 200$ ), and a condition on the ratio of MET to HT ( $MET/HT \leq 1$ ). The signal region builds upon the baseline criteria but excludes events with any selected leptons and introduces an additional requirement on the azimuthal separation between MET and the leading jet ( $dphi(MET, \text{jet}) > 0.5$ ). The control region, similar to the baseline, includes events with exactly one selected lepton and imposes a constraint on the transverse mass ( $MTI < 120$ ).

These selection criteria aim to isolate events with specific object characteristics and event topologies, enabling a detailed exploration of the physics processes under investigation.





## GPT4 DEMO

```
#CLA TwoJetTwoMuonEvents
```

```
object goodMuon : MUON  
select Pt(MUON) > 15  
select AbsEta(MUON) < 2.4
```

```
object goodJet : JET  
select Pt(JET) > 30  
select AbsEta(JET) < 2.4
```

```
define Zcandidate : goodMuon[0] goodMuon[1]  
define Wcandidate : goodJet[0] goodJet[1]  
define chargedHiggsCandidate : Zcandidate Wcandidate
```

```
region TwoJetTwoMuonAnalysis  
select ALL  
select Size(MUON) >= 2  
select Size(goodMuon) == 2  
select Size(JET) >= 2  
select Size(goodJet) == 2  
histo hZcandidateMass, "Invariant mass of Z candidate (GeV)", 100, 60, 120, m(Zcandidate)  
histo hWcandidateMass, "Invariant mass of W candidate (GeV)", 100, 40, 140, m(Wcandidate)  
histo hChargedHiggsCandidateMass, "Invariant mass of charged Higgs candidate (GeV)", 100, 100, 500, m(chargedHiggsCandidate)
```

GO

Select events with two jets, two muons. Make a Z from the muons and make a W from two jets. Plot the invariant masses of both bosons. Then add the two bosons as a charged higgs candidate. Plot the invariant mass of the new object.



Here is the updated CutLang analysis that selects events with two jets and two muons, creates a Z boson candidate from the muons, a W boson candidate from the jets, and finally, a charged Higgs candidate from the Z and W bosons. The invariant masses of the Z and W boson candidates and the charged Higgs candidate are plotted in histograms:



# GPT4 DEMO

#CLA OneTauOneMuonEvents

```
object goodMuon : MUON
select Pt(MUON) > 15
select AbsEta(MUON) < 2.4
```

```
object goodTau : TAU
select Pt(TAU) > 20
select AbsEta(TAU) < 2.3
```

```
object goodJet : JET
select Pt(JET) > 30
select AbsEta(JET) < 2.4
```

```
object goodBJet : JET
select Pt(JET) > 30
select AbsEta(JET) < 2.4
select JETbtag > 0.89
```

```
algo OneTauOneMuonSelection
select ALL
select Size(MUON) == 1
select Size(goodMuon) == 1
select Size(TAU) == 1
select Size(goodTau) == 1
select Size(JET) == 3
select Size(goodJet) == 3
select Size(goodBJet) >= 1
```

GO

Select events with one tau and one muon. then select 3 jets and a b jet.



Here's a CutLang analysis that selects events with exactly one tau, one muon, three jets, and at least one b jet:

GO

But I wanted to have exactly 1 bjet



My apologies for the confusion. The analysis can be modified to select events with exactly one b jet as follows:

```
algo OneTauOneMuonSelection
select ALL
select Size(MUON) == 1
select Size(goodMuon) == 1
select Size(TAU) == 1
select Size(goodTau) == 1
select Size(JET) == 3
select Size(goodJet) == 3
select Size(goodBJet) == 1
```

TBAE PFVA'25



## Sonuç olarak

- ADL/CutLang, **çok amaçlı ve pratik** bir analiz yaklaşımı sunar.
- ADL/CutLang, **yeniden yorumlama(reinterpretation)** çalışmaları için oldukça uygundur.
- Analize başlamak isteyenler için **en uygun** araçtır.
- ADL sözdizimi ve araçları **sürekli gelişim** halindedir.

*ADL/CutLang bir topluluk girişimidir.  
Sizler de aramıza katılıp dilin gelişmesine katkıda bulunabilirsiniz.*



## ADL/CutLang Öğrenmeye Nasıl Başlayabilirim?

- CutLang'ı nasıl yüklerim?

<https://github.com/unelg/CutLang>

- ADL/CutLang CMS Açık Veri workshop

<https://cms-opendata-workshop.github.io/workshop2022-lesson-run2-adlcl/>

<https://cms-opendata-workshop.github.io/workshop2023-lesson-reinterpretation/>

*ADL/CutLang bir topluluk girişimidir.  
Sizler de aramıza katılıp dilin gelişmesine katkıda bulunabilirsiniz.*



## ADL/CutLang Öğrenmeye Nasıl Başlayabilirim?

- Parçacık Fiziğinde Bilgisayar Uygulamaları Okulu, 3 - 7 Şubat 2020:

<https://indico.cern.ch/event/877623/timetable/?view=standard>

- ADL/CutLang Tutorial ve Hackathon, 21, 22 Kasım 2022:

<https://indico.global/event/13148/timetable/>

- CutLang tutorials directory:

<https://github.com/unelg/CutLang/tree/master/runs/tutorials>

*ADL/CutLang bir topluluk girişimidir.*

*Sizler de aramıza katılıp dilin gelişmesine katkıda bulunabilirsiniz.*